

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK  
BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN  
MAGNESIUM 0,0307%, 0,0336% DAN 0,0351%**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I  
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

**MIGDAD**  
**D200130131**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK  
BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN  
MAGNESIUM 0,0307%, 0,0336% DAN 0,0351%**

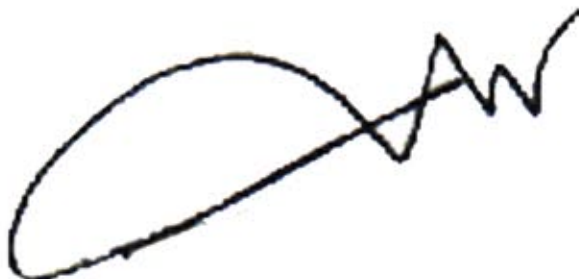
**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**MIGDAD**  
**D200130131**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by several smaller, sharp, upward-pointing strokes.

**(Agung Setyo Darmawan, S.T.,M.T)**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISA PERMUKAAN PATAHAN SPESIMEN UJI IMPAK  
BESI COR NODULAR DENGAN VARIASI KANDUNGAN  
MAGNESIUM 0,0307%, 0,0336% DAN 0,0351%**

Oleh :

**MIGDAD**  
**D200130131**

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Selasa tanggal, 7 September 2020

**Dewan penguji :**

1. Agung Setyo Darmawan, ST., MT

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Agus Hariyanto, MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Dr.Ir.Ngafwan, MT

(Anggota II Dewan Penguji)



**Dekan Fakultas Teknik**



**(Ir. H. Sri Sunarjono, MT. Ph.D)**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak pernah terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 14 September 2020

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized circle with a vertical line through it and a horizontal line extending to the right.

Migdad

# **ANALYSIS OF FACTORY SURFACE SPECIMENT TEST OF NODULAR CAST IRON IMPACT WITH MAGNESIUM CONTENT VARIATION 0.0307%, 0.0336% AND 0.0351%**

## **Abstrak**

Besi cor nodular adalah salah satu jenis dari besi tuang yang grafitnya berbentuk bulat. Magnesium (Mg) merupakan unsur yang paling sering digunakan di dunia industri pengecoran sebagai bahan pembulat grafit karena lebih menguntungkan dibandingkan unsur lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kandungan magnesium (Mg) besi cor nodular terhadap struktur mikro, komposisi Mg, konfigurasi fasa, grafit dan matriknya. Penelitian ini menggunakan FCD sebagai bahan awal yang kemudian dilebur di dalam tungku pelebur. Proses pembentukan besi cor bergrafit bulat dilakukan dengan sistem ladle terbuka, yaitu variasi penambahan FeSiMg sebesar 50 gram, 100 gram, dan 200 gram yang diletakkan di dasar ladle berkapasitas 15 kg sesaat sebelum besi cair dituangkan dalam ladle. Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan hasil pembahasan tentang Analisa Permukaan Patahan Uji Impak Besi Cor Nodular dengan Variasi Kandungan Magnesium (Mg) 50 gram, 100 gram, 200 gram maka Semakin banyak penambahan FeSiMg maka kandungan magnesium (Mg) semakin meningkat dari spesimen 1 (0,0307%), spesimen 2 (0,0336%) dan spesimen 3 (0.0351%).

**Kata Kunci :** Besi Cor Nodular, SEM, Foto Mikro, Impak

## **Abstract**

Nodular cast iron is a type of round cast iron graphite. Magnesium (Mg) is the element most often used in the world of the casting industry as a graphite rounder because it is more profitable than other elements. This study aims to determine the effect of nodular cast iron magnesium (Mg) variation on the microstructure, Mg composition, phase configuration, graphite and its matrix. This study uses FCD as a starting material which is then melted in the melting furnace. The process of forming a round-shaped cast iron is carried out with an open ladle system, which is a variation of 50 grams, 100 grams, and 200 grams of FeSiMg which is placed at the base of a 15 kg capacity ladder just before the liquid iron is poured in ladels. Based on the results of the study, data analysis and the results of the discussion on the Surface Analysis of the Nodular Cast Iron Impact Test with Variations in Magnesium Content (Mg) of 50 grams, 100 grams, 200 grams, the more FeSiMg additions, the magnesium (Mg) content increases from specimen 1 (Mg) 0.0307%, specimen 2 (0.0336%) and specimen 3 (0.0351%).

**Keywords:** Nodular Cast Iron, SEM, Micro Photo, Impact

## **1. PENDAHULUAN**

Besi cor adalah paduan besi yang mengandung karbon, silisium, mangan, fosfor dan belerang. Besi cor mempunyai sifat mekanik yang tidak setinggi baja (Karim,

2008). Besi cor merupakan istilah yang diterapkan untuk jenis besi paduan, di mana yang membedakannya adalah kadar karbonnya yang lebih dari 1,7% (Reynaud, 2010). Besi cor pada umumnya digunakan untuk bahan konstruksi, otomotif, pompa air dan peralatan rumah tangga. Berdasarkan jenisnya besi cor terdiri dari besi cor kelabu (*gray cast iron*), besi cor nodular (*ferro carbon ductile*), besi cor putih (*white cast iron*), dan besi cor mampu tempa (*malleable cast iron*).

Besi cor (*cast iron*) merupakan paduan besi yang mengandung karbon (C) lebih dari 1,7 % dan silikon (Si) sebanyak 1-3 %. Unsur lain dapat ditambahkan dengan maksud untuk meningkatkan sifat-sifat seperti kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), atau ketahanan korosi (*corrosion resistance*). Unsur yang umumnya ditambahkan yaitu Cr, Cu, Mo dan Ni. Besi cor memiliki selang temperatur cair yang relatif lebih rendah dari pada baja dan relatif lebih “encer” ketika cair. Sifat mekanis besi cor tergantung pada jenis strukturmikronya, yaitu bentuk dan distribusi elemen-elemen penyusun. Salah satu elemen memiliki pengaruh yang berarti adalah grafit. Jumlah, ukuran, dan bentuk grafit mempengaruhi kekuatan (*strength*), keliatan (*ductility*), dan ketangguhan (*toughness*) dari besi cor. Selain grafit matriks juga ikut mempengaruhi sifat mekanis. Matriks besi cor sama dengan yang terdapat pada baja, yaitu ferit, sementit dan perlit (Abdulah, 2008).

Besi cor nodular atau *ferro carbon ductile* (FCD) sudah dikenal sejak akhir tahun 40-an. FCD memiliki matrik ferit dan perlit dengan grafit yang berbentuk bulat (*spheroidal*) oleh karena itu FCD mempunyai kekuatan, keliatan yang cukup tinggi dibandingkan dengan besi cor kelabu (forrest, 1987). Besi cor nodular merupakan besi cor atau *cast iron* yang memiliki kandungan karbon diatas 2%. Kandungan karbon pada besi cor nodular bisa sampai 3,8%. Dengan tingginya kandungan karbon tersebut temperatur peleburan besi cor nodular cukup rendah yaitu sekitar  $\pm 1450^{\circ}\text{C}$  dibanding baja cor yang memiliki temperatur cor sebesar  $\pm 1600^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian proses peleburan besi cor lebih mudah dan murah dibanding baja cor. Besi cor nodular memiliki kekuatan antara 40 kgf/mm<sup>2</sup> sampai dengan 80 kgf/mm<sup>2</sup>. Perpanjangan yang dimiliki menurun dari 17% sampai 2%, dengan meningkatnya kekuatan (Bandanadjaja, 2010).

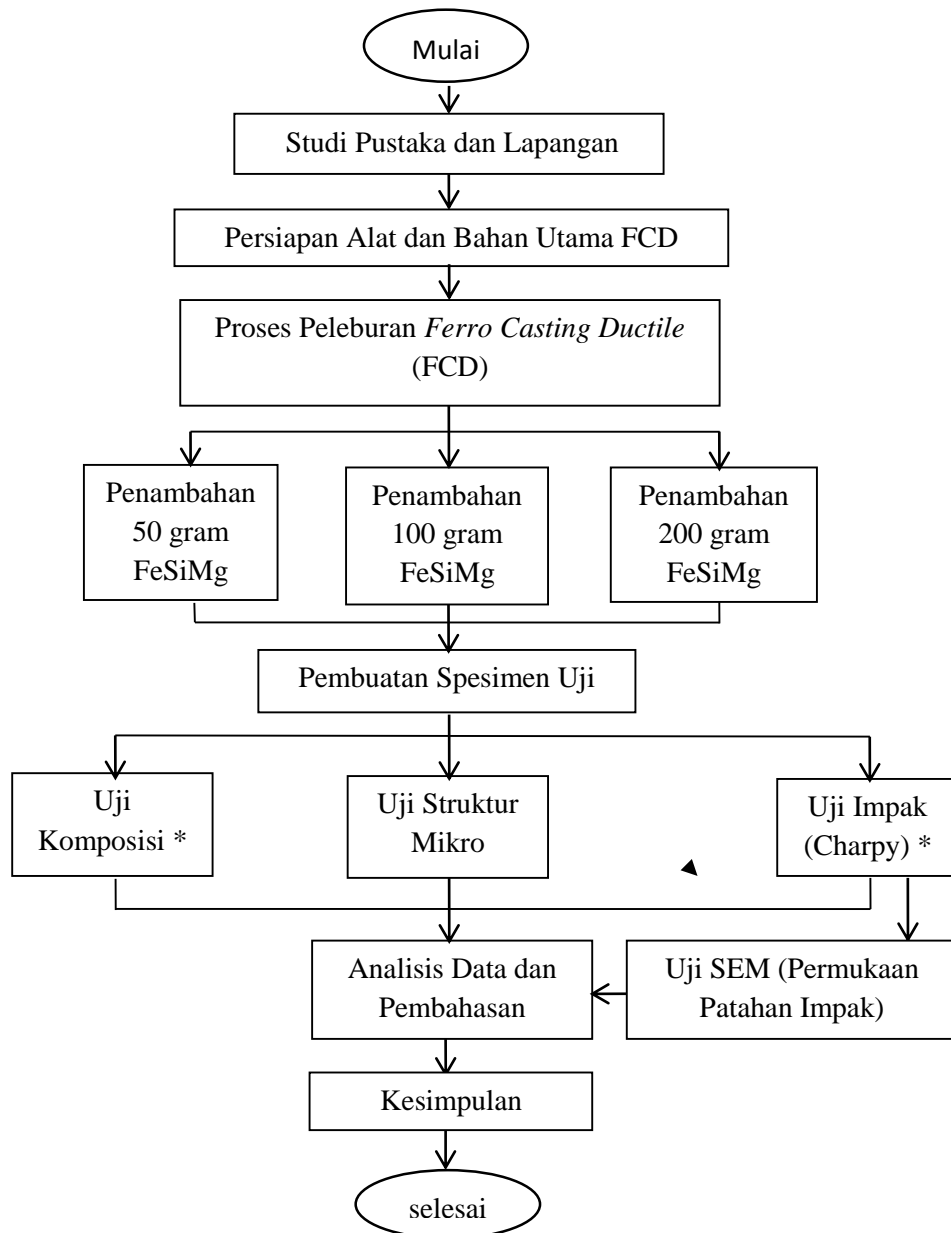
Sifat atau karakteristik material seperti sifat-sifat mekanik (kekuatan, keuletan, ketangguhan, elastisitas dan kekerasan) dapat diperoleh dengan melakukan pengujian-pengujian mekanik. Salah satu pengujian mekanik adalah uji puntir. Uji puntir ini sangat bermanfaat untuk berbagai penggunaan di bidang teknik, juga untuk penelitian teoritis mengenai aliran plastik. Hal ini sangat penting jika nantinya material tersebut akan digunakan dalam perancangan sebuah mesin. Pengujian puntir digunakan untuk memperoleh kurva tegangan geser dan regangan geser dan juga mampu memberikan informasi penting mengenai modulus elastisitas dalam arah geser (*shear*), kekuatan luluh puntir dan modulus pemuluran (*rupture*) material logam.

Uji puntir suatu material digunakan untuk menentukan sifat-sifat seperti batas luluh geser dari suatu material, modulus elastisitas geser,  $n$  dan  $K$ . Batas luluh geser dapat diperoleh dari kurva  $MT-\theta$  hasil uji puntir. Nilai modulus elastisitas geser diperoleh dari kurva  $\gamma - \tau$  pada daerah elastis. Sedangkan harga  $n$  dan  $K$  dapat diperoleh dari kurva  $\log \epsilon - \log \sigma$ . Ada dua jenis patahan pada uji puntir, yaitu patah ulet dan patah getas. Patah getas terjadi karena tegangan normal dan bentuk patahannya bersudut  $45^\circ$ . Sedangkan patah ulet terjadi karena tegangan geser dan menghasilkan patahan bersudut  $90^\circ$ .

Dari uraian di atas dilakukan penelitian dengan judul “Analisa Permukaan Patahan Uji Impak Besi Cor Nodular Dengan Variasi Kandungan Magnesium (Mg)”.

## **2. METODE**

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, berikut adalah diagram alir tahapan penelitian diperlihatkan pada gambar 1.



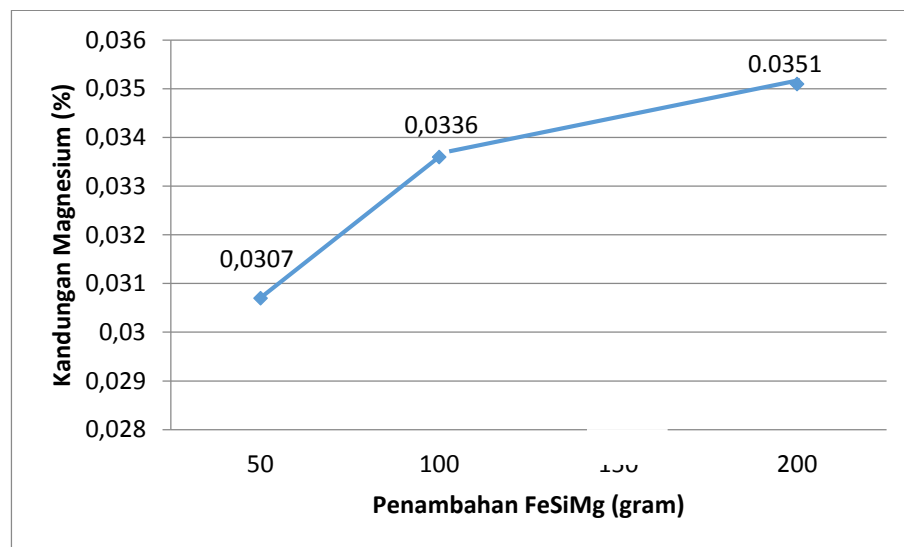
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui prosentase kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam specimen uji. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji komposisi kimia (*Spectrometer*). Pengujian dilakukan dengan penembakan terhadap permukaan sampel uji (yang sudah dihaluskan), penembakan dilakukan sebanyak 2 titik, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Hasil uji komposisi kimia pada *raw material* FCD dan besi cor dengan penambahan FeSiMg disajikan dalam tabel 1.



Berdasarkan pengujian menunjukkan bahwa spesimen  $x_1$  dengan penambahan unsur pembulat grafit FeSiMg sebesar 50 gram, spesimen  $x_2$  dengan penambahan pembulat grafit FeSiMg sebesar 100 gram dan spesimen  $x_3$  dengan penambahan pembulat grafit FeSiMg sebesar 200 gram pada *raw material* FCD dengan system ladell terbuka berkapasitas 15 kg besi cor cair tiap variasinya menghasilkan prosentase magnesium (Mg) spesimen  $x_1$ ,  $x_2$  dan  $x_3$  secara berturut-turut adalah 0,0307%, 0,0336% dan 0,0351% seperti diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 2 Diagram Kandungan Magnesium (Mg)

Dengan kadar kandungan magnesium sebesar, 0,0307%, 0,0336%, dan 0,0351%, maka hasil dari variasi kandungan unsur magnesium (Mg) pada spesimen  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  mencapai kadar kandungan magnesium (Mg) yang dianjurkan dalam besi cor nodular, dikarenakan kadar kandungan magnesium yang dianjurkan dalam besi cor bergrafit bulat adalah antara 0,02-0,08% Mg sesuai dengan persyaratan dari *Atomic Fluorescence Spectrometry* (AFS) 1992.

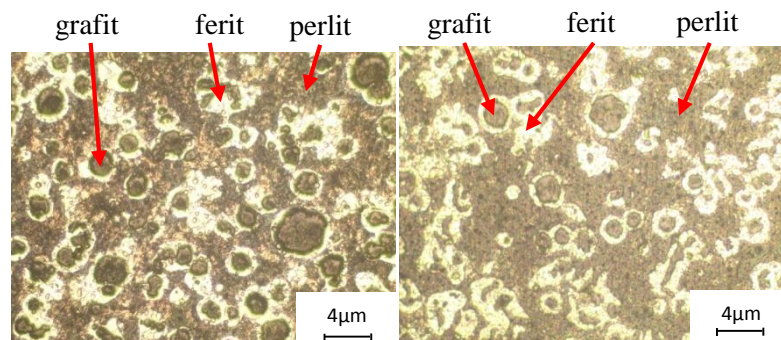
Tabel 1 Hasil Uji Komposisi

Unsur	Penambahan FeSiMg kedalam ladell leburan besi cor berkapasitas 15 kg		
	Spesimen $x_1$ (Penambahan 50 gram) (%)	Spesimen $x_2$ (Penambahan 100 gram) (%)	Spesimen $x_3$ (Penambahan 200 gram) (%)
C	3,5100	3,5664	3,4876
Si	2,5997	2,5926	2,6449
S	0,0132	0,0108	0,0105
P	0,0177	0,0152	0,0163
Mn	0,5279	0,5034	0,5748

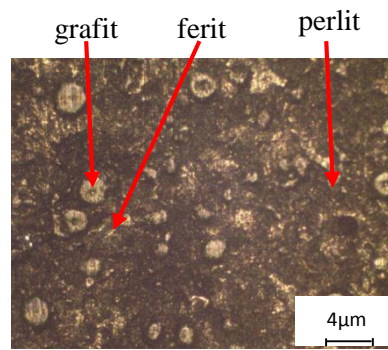
<b>Mg</b>	<b>0,0307</b>	<b>0,0336</b>	<b>0,0351</b>
Ni	0,0115	0,0114	0,0117
Cr	0,0921	0,0889	0,0896
Mo	0,0020	0,0017	0,0026
Cu	0,0231	0,0213	1,1144
W	0,0000	0,0000	0,0034
Ti	0,0360	0,0349	0,0356
Sn	0,0090	0,0887	0,0088
Al	0,0119	0,0114	0,0130
Nb	0,0002	0,0002	0,0011
V	0,0045	0,0041	0,0048
Co	0,0030	0,0029	0,0034
Pb	0,0000	0,0000	0,0004
Ca	0,0337	0,0322	0,0344
Zn	0,0007	0,0005	0,0018
Fe	93,11	92,51	91,95

### 3.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan metalografi terhadap spesimen,  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  bertujuan untuk mengetahui pengaruh kandungan magnesium (Mg) terhadap struktur mikro besi cor nodular. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui bentuk, ukuran, dan penyebaran matrik penyusunnya, dan dilakukan setelah proses etsa agar struktur mikro disekitar grafit menjadi lebih jelas. Hasil pengujian metalografi spesimen  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  dapat dilihat pada gambar 4.1



(a) Spesimen  $x_1$  (0,0307 % Mg) (b) Spesimen  $x_2$  (0,0336 % Mg)



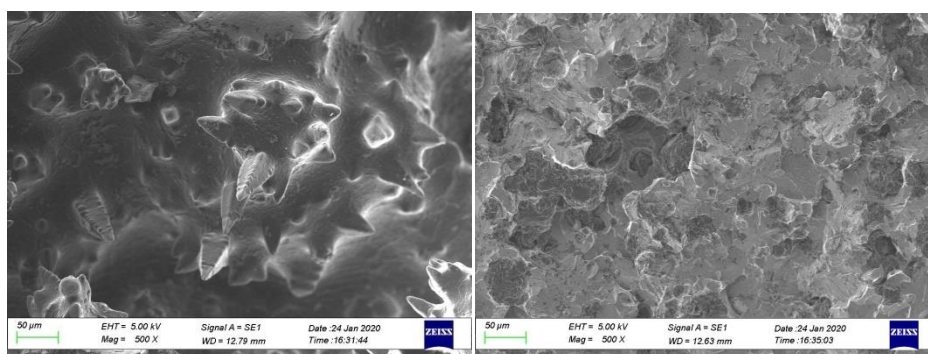
(c) Spesimen x<sub>3</sub> (0,0351 % Mg)

Gambar 3 Hasil foto Struktur Mikro Besi Cor Nodular

Hasil uji struktur mikro pada gambar 4.2 memperlihatkan dengan jelas adanya fasa-fasa dalam besi tuang nodular yaitu grafit, ferit, dan perlit. Grafit yang berbentuk bulat berwarna hitam terlihat dikelilingi oleh fasa ferit yang berwarna terang dalam matrik perlit yang berbentuk lamel-lamel berwarna selang seling terang gelap. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan magnesium (Mg) besi cor maka bentuk grafit yang dihasilkan cenderung semakin berkurang dan cenderung mengecil, bentuk grafit bulat ini menunjukkan bahwa telah cukup kandungan magnesium (Mg) yang ditambahkan dalam paduan besi cor, hal tersebut dapat dilihat pada hasil pengujian stuktur mikro pada masing –masing spesimen. Selain itu dapat dilihat pula bahwa perlit akan meningkat dengan bertambahnya prosentase Mg.

### 3.2 Pengujian SEM

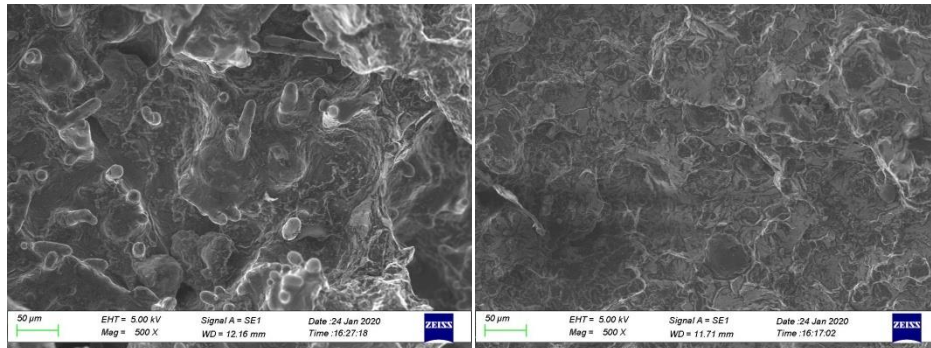
Pengujian SEM dilakukan untuk menganalisa hasil patahan dari uji impak besi cor nodular dengan variasi kandungan FeSiMg sebesar 50 gram, 100 gram dan 200 gram. Dari hasil pengujian SEM pada spesimen x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> dan x<sub>3</sub> dari patahan uji impak dengan perbesaran 500x dapat dilihat pada gambar 4.3. Foto permkaan spesimen x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> dan x<sub>3</sub> dari patahan uji impak.



Bagian Jurang

Bagian Rata

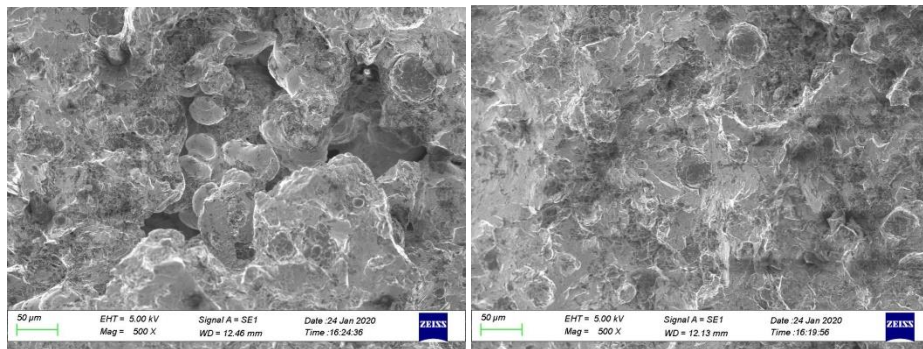
a). Spesimen  $x_1$  (FeSiMg 50 gram)



Bagian Jurang

Bagian Rata

b). Spesimen  $x_2$  (FeSiMg 100 gram)



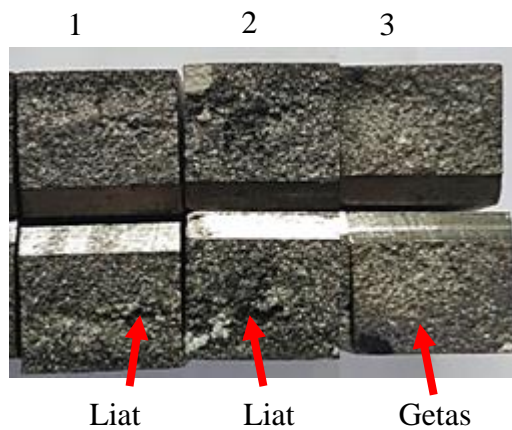
Bagian Jurang

Bagian Rata

c). Spesimen  $x_3$  (FeSiMg 200 gram)

Gambar 4 Hasil Uji SEM

Dari hasil pengujian SEM pada gambar 4 memperlihatkan pada spesimen  $x_1$  dengan penambahan FeSiMg 50 gram di bagian jurang memiliki patahan liat yang seratnya terbentuk runcing. Untuk bagian rata memiliki patahan getas lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen  $x_2$ . Untuk spesimen  $x_2$  dengan penambahan FeSiMg 100 gram pada area jurang memiliki patahan liat yang seratnya membentuk seperti kapsul, pada bagian rata memiliki patahan getas yang lebih sedikit dibandingkan dengan spesimen  $x_1$ . Untuk spesimen  $x_3$  dengan penambahan FeSiMg 200 gram pada bagian jurang dan bagian rata hampir sama, hal ini menunjukkan bahwa spesimen  $x_3$  memiliki tingkat getas yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen  $x_1$  dan  $x_2$ .



Gambar 5 Permukaan Patahan Spesimen Uji Impak

Dari hasil pengujian SEM spesimen  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$  maka dapat disimpulkan bahwa setiap spesimen memiliki patahan campuran yaitu patahan liat dan getas. Dimana pada spesimen  $x_1$  memiliki tingkat keliatan yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen  $x_2$ . Sedangkan pada spesimen  $x_3$  hampir tidak terlihat adanya patahan liat, hal ini dikarenakan tingkat Mg yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen  $x_1$  dan  $x_2$ .

Terlihat pula dari gambar 5 bahwa semakin tinggi prosentasi magnesium, maka besi cor nodular akan menjadi semakin getas. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian impak yang dilakukan oleh Kartika (2019), dimana energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen semakin kecil dengan bertambahnya kandungan magnesium.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan hasil pembahasan tentang Analisa Permukaan Patahan Uji Impak Besi Cor Nodular dengan Variasi Kandungan Magnesium (Mg) 0,0307%, 0,0336%, 0,0351% maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin banyak penambahan FeSiMg maka kandungan magnesium (Mg) semakin meningkat dari spesimen  $x_1$  sampai spesimen  $x_3$ .
- Semakin banyak kandungan magnesium (Mg) maka butiran grafit yang dihasilkan cenderung semakin berkurang dan cenderung mengecil, perlit semakin banyak dan ferit semakin sedikit.

- c. Dari pengujian SEM menunjukkan bahwa setiap spesimen memiliki patahan campuran yaitu patahan liat dan getas. Dimana pada spesimen  $x_1$  memiliki tingkat keliatan yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen  $x_2$ . Sedangkan pada spesimen  $x_3$  hampir tidak terlihat adanya patahan liat, hal ini dikarenakan tingkat Mg yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen  $x_1$  dan  $x_2$ .

## 4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian ini, antara lain:

- a. Pemilihan temperatur pencampuran, waktu dan metode inokulasi merupakan faktor-faktor yang sangat menentukan sekali dalam proses nodularisasi pada pembuatan besi cor nodular, oleh karena itu diharapkan pada penelitian selanjutnya agar pemilihan faktor-faktor tersebut diperhitungkan dengan sebaiknya agar magnesium (Mg) lebih efektif dan efisien dalam menghasilkan grafit berbentuk bulat.

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji SEM dengan pembesaran yang lebih besar agar mendapatkan gambar yang lebih jelas pada patahan impact agar mengetahui struktur patahan ya

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Dendi. 2008. *Teknik Pengecoran Logam*. <https://indonesia-mekanikal.blogspot.com/2008/03/teknik-pengecoran-logam.html>. Diakses 20 Agustus 2018.
- Awal, Muhammmad. 2014. *Jenis Besi Cor dan Kandungannya*. <https://www.slideshare.net/muhamadawal/jenis-besi-cor-dan-kandungan-nya>. Diakses 27 Agustus 2018.
- Basuki, Arif., Rochim Suratman., dan Tata surdia. 1986. *Pembuatan besi cor nodular dan metode optimasinya*. vol 5, No 1 dan 2. Bandung: ITB.
- Callister, Jr., dan William D. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction*. 8th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.

- Hendri, 2002 “Algoritma Pengujian Komposisi Material” Jurnal Teknik Mesin. Vol.5 No.1 Mei 2002, 11 – 15.
- Kartika, Novan Dwi 2019. Pengaruh Variasi Kandungan Magnesium (Mg) Dalam Proses Pembuatan Besi Cor Nodular Terhadap Kekuatan Impak. Skripsi thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Karim, Abdul (2008) *PENGARUH PENAMBAHAN Cu 0,4% DAN Ni 0,6% TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA BESI COR KELABU*. Skripsi thesis, Universitas muhammadiyah Surakarta.
- Medynski, D. & Janus, A. 2018. Effect of heat treatment parameters on abrasive wear and corrosion resistance of austenitic nodular cast iron Ni-Mn-Cu. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 18, 515-521
- Ozdemir N., Aksoy M. and Orhan N.2003. “Effect of graphite shape in vacuum-free diffusion bonding of nodular cast iron with gray cast iron”, J. of Mater. Proce. Techn. Vol. 141, PP. 228–233.